

中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申請日：西元 2003 年 04 月 10 日
Application Date

申請案號：092108185
Application No.

申請人：國立台灣大學
Applicant(s)

(西元 2004 年 1 月 5 日劉致為將本案之專利申請
權讓與國立台灣大學)

局長

Director General

蔡練生

發文日期：西元 2004 年 2 月 17 日
Issue Date

發文字號：09320145860
Serial No.

申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	紅外光光偵測器
	英 文	Infrared Photodetector
二、 發明人 (共4人)	姓 名 (中文)	1. 許博欽 2. 張書通
	姓 名 (英文)	1. Buo-Chin Hsu 2. Shu Tong Chang
	國 籍 (中英文)	1. 中華民國 TW 2. 中華民國 TW
	住居所 (中 文)	1. 台北縣永和市保福路二段88巷23號2樓 2. 桃園縣楊梅鎮秀才路20號
	住居所 (英 文)	1. 2.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓 名 (中文)	1. 劉致為
	名稱或 姓 名 (英文)	1. Chee Wee Liu
	國 籍 (中英文)	1. 中華民國 TW
	住居所 (營業所) (中 文)	1. 臺北市羅斯福路四段一號台灣大學電機系515室 (本地址與前向貴局申請者不同)
	住居所 (營業所) (英 文)	1.
	代表人 (中文)	1.
	代表人 (英文)	1.



申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	
	英 文	
二、 發明人 (共4人)	姓 名 (中文)	3. 黃仕濤 4. 劉致為
	姓 名 (英文)	3. Shi Hao Hwang 4. Chee Wee Liu
	國 籍 (中英文)	3. 中華民國 TW 4. 中華民國 TW
	住居所 (中 文)	3. 臺北市羅斯福路四段一號台灣大學電機系515室 4. 臺北市羅斯福路四段一號台灣大學電機系515室
	住居所 (英 文)	3. 4.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓 名 (中文)	
	名稱或 姓 名 (英文)	
	國 籍 (中英文)	
	住居所 (營業所) (中 文)	
	住居所 (營業所) (英 文)	
	代表人 (中文)	
	代表人 (英文)	



四、中文發明摘要 (發明名稱：紅外光光偵測器)

本案係為一種長波長光偵測器，可偵測波長超過材料能隙 (bandgap) 波長之光，其包含：一導體層；一包含一或多層量子井、點之半導體層，用以侷限載子於位障內；一絕緣層，設於該導體層與該半導體層之間；以及一電壓源，其正 (負) 極電連接於該導體層而負 (正) 極電連接於該包含一或多層量子井、點之 p 型 (n 型) 半導體層，其係用以提供一偏壓來產生一量子穿透效應 (quantum tunneling)，使載子穿透該絕緣層而形成電流。當照射紅外光時，位障中的載子便可吸收該能量跳出位障，被電極所接收形成光電流。

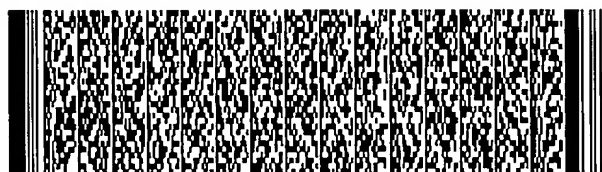
五、(一)、本案代表圖為：第 ___ 一 ___ 圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

導體層 11：接收載子形成電流

六、英文發明摘要 (發明名稱：Infrared Photodetector)

Metal-oxide-semiconductor (MOS) tunneling diodes can be utilized as infrared photodetectors. Using Ge quantum dots as semiconductor layers in MOS diodes, carriers were confined in the quantum well at low temperature. The carriers in the quantum well would occupy different energy levels. By absorbing infrared, the carriers gain enough energy to jump out the energy barrier, called



四、中文發明摘要 (發明名稱：紅外光光偵測器)

包含五層鍺量子點的 p 型半導體層 12: 形成量子井，點用來侷限載子於位障內

矽基板 121: 成長元件之基板

矽緩衝層 122: 方便之後各層成長

鍺量子層 123: 能隙不同形成位障

鍺量子點 124: 能隙不同形成位障

矽中介層 125: 能隙不同形成位障

矽被覆層 126: 保護鍺量子層並有助於絕緣層成長

絕緣層 13: 形成量子穿隧效應

電壓源 14: 提供偏壓以驅動載子

六、英文發明摘要 (發明名稱：Infrared Photodetector)

intraband transition. These carriers were collected by electrode and the infrared was detected. This infrared photodetector can detect the light which the photon energy is smaller than the semiconductor material bandgap in MOS detectors. The detectors can also detect the light which the photon energy is larger than the semiconductor material bandgap by interband



四、中文發明摘要 (發明名稱：紅外光偵測器)

六、英文發明摘要 (發明名稱：Infrared Photodetector)

transition.



一、本案已向

國家(地區)申請專利

申請日期

案號

主張專利法第二十四條第一項優先

無

二、☐主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間

日期：

四、☐有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐熟習該項技術者易於獲得,不須寄存。



五、發明說明 (1)

發明領域

本案係為一種紅外光光偵測器，尤指應用於一紅外光影像偵測裝置中之光偵測器。

發明背景

在先前的專利第 125431 號中，金氧半穿遂二極體 (MOS tunneling diode) 已被使用為光偵測器，但其可偵測波長受限於半導體材料的能隙，因為光子能量需大於材料能隙，才能產生額外的電子電洞對。若使用矽 (Si) 為基板，則截止波長約為 $1.1 \mu\text{m}$ ，若使用鍺 (Ge) 為基板，則截止波長約為 $1.85 \mu\text{m}$ 。

紅外光偵測器 (Infrared Photodetector) 被廣泛使用在軍事、天文等用途上。雖然和一般人日常生活較無相關，卻是一不可缺少的技術。目前所使用的元件多為三五族半導體材料並為 metal semiconductor metal (MSM) 結構。因此，如何增進金氧半 (MOS) 光偵測器的使用範圍，使其能夠偵測遠紅外光，係為發展本案之一主要目的。



五、發明說明 (2)

發明概述

本案係為一種紅外光光偵測器，可偵測波長超過材料能隙波長之光，其包含：一導體層；一包含一或多層量子井、點之半導體層，用以侷限載子於位障內；一絕緣層，設於該導體層與該半導體層之間；以及一電壓源，其正、負極電分別連接於該導體層以及該包含一或多層量子井、點之半導體層，其係用以提供一偏壓來產生一量子穿透效應 (Quantum Tunneling)，使載子穿透該絕緣層而形成電流。當照射紅外光時，位障中的載子便可吸收該能量跳出位障，被電極所接收形成光電流。

根據上述構想，該紅外光光偵測器中之該導體層係可以選自鋁、經摻雜之多晶矽或透明銦錫氧化物 (Indium Tin Oxide, 簡稱 ITO) 等材質中之一所完成。

根據上述構想，該紅外光光偵測器中該包含一或多層量子井、點之半導體層係可為一多層錯量子點成長於矽基板上之結構。

根據上述構想，該紅外光光偵測器中該絕緣層係可為一薄氧化矽層。

根據上述構想，該紅外光光偵測器中該氧化矽層之厚度約可為數奈米 (nm)。

根據上述構想，該紅外光光偵測器中該氧化矽層係可為對該包含一或多層量子井、點之半導體層之表面，進行



五、發明說明 (3)

一液相沈積 (Liquid Phase Deposition) 所成長完成。

簡單圖式說明

本案得藉由下列圖式及詳細說明，俾得一更深入之了解：

第一圖：其係本案發明之紅外光光偵測器之實施例結構示意圖。

第二圖：其係本案實施例之元件工作情況能帶圖 (energy band diagram)。

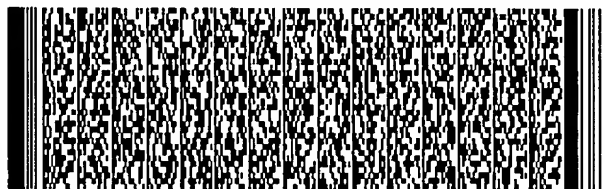
第三圖：其係本案實施例以特定條件所完成之閘極電流電壓特性曲線圖。

第四圖：其係本案實施例對於不同光波長的頻譜響應圖。

第五圖：其係本案另一實施例之元件結構示意圖。

本案圖式中所包含之各元件列示如下：

導體層	11
包含五層銻量子點的 p 型半導體層	12
矽基板	121

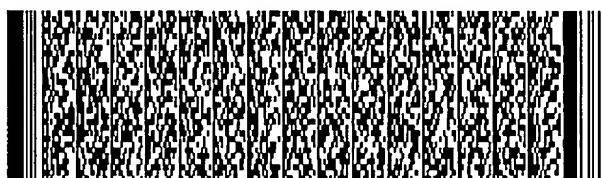


五、發明說明 (4)

矽緩衝層	122
銻量子層	123
銻量子點	124
矽中介層	125
矽被覆層	126
絕緣層	13
電壓源	14
無光電流	21
光電流	22
矽基板或 silicon on insulator (SOI)基板	51
高摻雜濃度之矽層	52
含一或多層量子井、點之半導體層	53
絕緣層	54
絕緣隔離層	55
網狀電極	56
電極	57

實施例說明

請參見第一圖，其係本案發明之紅外光光偵測器之實施例結構示意圖，其中主要單元係由如圖所示之導體層 11、包含五層銻量子點的 p 型半導體層 12、絕緣層 13 及電



五、發明說明 (5)

壓源 14 所完成。其中 12 層包括矽基板 121，矽緩衝層 (buffer layer) 122，鍺量子層 (wetting layer) 123，鍺量子點 (quantum dot) 124，矽中介層 (spacer layer) 125，以及矽被覆層 (cap layer) 126。

當包含五層鍺量子點的 p 型半導體層 12 在無光照射之情況時，電子電洞對 (electron hole pair) 係因由包含五層鍺量子點的 p 型半導體層 12 與絕緣層 13 間之介面缺陷 (interface trap) 處及半導體材料中之缺陷處自然產生，由於鍺材料的能隙小於矽，如第二圖所示之能帶圖 (energy band diagram) 可知，部分產生的電洞會因為量子效應而被侷限在能量位障內，在室溫之下，被侷限的電洞可藉由吸收熱能而跳出位障。此時，在電壓源 14 所提供之工作偏壓為正電壓時 (正極電連接於該導體層 11 而負極電連接於該包含五層鍺量子點的 p 型半導體層 12)，將使得絕緣層 13 靠近導體層 11 之能量變低而增加電子之穿透能力以產生量子穿透效應 (quantum tunneling)。故在足夠大之正偏壓下，就能使電子穿透厚度較薄之絕緣層 13 而到達導體層 11。此時所量測到之電流稱為無光電流 21 (dark current)。

在低溫下，由於缺乏熱能，被侷限在量子井中的電洞無法跳出位障，且由介面缺陷及材料缺陷處所產生的電子電洞對數目也減少，造成無光電流下降。由量子力學理論可知，在量子井中的電洞會產生不連續的能階分佈，電洞會佔據在不同的能階而被侷限在量子井中，如第二圖所



五、發明說明 (6)

示。請注意雖然鍺量子層 123 及鍺量子點 124 之材料均為鍺，但由於所受到的應力不同，因此兩層之能隙會有少許不同，如第二圖所示。此時元件若照射紅外光，雖然光子的能量小於材料能隙而無法藉由直接躍遷而產生額外的電子電洞對，但量子井中被侷限的電洞卻能夠吸收該能量 ΔE 而跳出，跳出的電洞被負電壓所吸引而被負電極所接收，形成光電流 22 (photocurrent)。

為驗證本案之元件特性，請參見第三圖所示之閘極電流電壓特性曲線圖，其係本案之實施例以下列條件所完成之閘極電流電壓特性曲線圖。條件中，包含五層鍺量子點的 p 型半導體層 12 係以摻雜濃度約為 10^{16}cm^{-3} 之 p 型矽 121 為基板，再利用超高真空化學氣相沈積機台 (Ultra High Vacuum Chemical Vapor Deposition) 來成長摻雜濃度皆約為 10^{16}cm^{-3} 之矽緩衝層 122 約 50 奈米 (nm)，鍺量子層 123 約 2 奈米 (nm)，鍺量子點層 124 約 6 奈米 (nm)，再成長矽中介層 125 約 50 奈米 (nm)，如此成長五層鍺量子點後，最後成長一矽被覆層 126 約 3 奈米 (nm) 所完成。而該絕緣層 13 則是利用液相沈積 (Liquid Phase Deposition) 於該包含五層鍺量子點的 p 型半導體層 12 表面所成長之厚度約為 1.5 奈米 (nm) 之氧化矽層，至於導體層 11 係以於氧化矽層表面鍍上一層鋁，再進行光學微影蝕刻製程後所形成之面積約為 $3 \times 10^{-4} \text{cm}^2$ 之鋁電極所完成。而在室溫及低溫下，測量在電壓源 14 提供之不同偏壓 (或稱閘極電壓) 下，由鋁電極所完成之閘極端所讀取到之閘極電流的結果如第三圖所示。

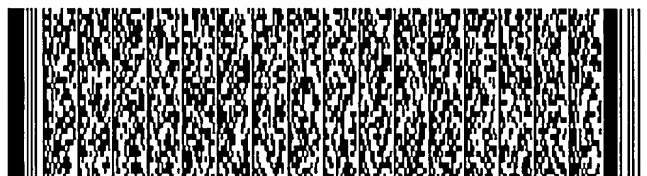


五、發明說明 (7)

從第三圖所示中吾人可清楚觀察出，無光電流受溫度的影響很大，溫度越低則無光電流越小，完全符合原理所推論之結果。

接著，吾人在溫度 40K 之下測量了本案之實施例對於不同光波長之頻譜響應，其結果如第四圖所示。當照射之紅外光波長大於 $1.85\mu\text{m}$ ，即能量小於 0.67 電子伏特 (鎢的能隙) 時，被侷限在量子井中的電洞即可吸收該紅外光而跳出位障，進而被電極所接收，產生光訊號。而在閘極偏壓較大時 (5 伏特)，光訊號較閘極偏壓為 3 伏特時為大，此乃因量子井在較高偏壓下傾斜較嚴重，因此有更多被侷限的電洞能夠吸收紅外光跳出位障，產生光訊號。因此當光波長超過矽、鎢能隙波長時，本紅外光光偵測器均可有效偵測 (本紅外光光偵測器亦可偵測光波長小於矽、鎢能隙波長之光)。

再者，請參見第五圖，第五圖所示為本案另一可能之實施例，其中主要單元係由如圖所示之矽基板或 Silicon on Insulator (SOI) 基板 51，高摻雜濃度之矽層 52，含一或多層量子井、點之半導體層 53，絕緣層 54，絕緣隔離層 55，網狀電極 56，電極 57 所完成。其中高摻雜濃度之矽層 52 係用為快速傳導載子到達電極 57，而絕緣隔離層 55 則係用為隔離電極 57 與含一或多層量子井、點之半導體層 53，使用網狀電極 56 則可增加元件照光之面積，並增加載子傳導的速度，因此此一本案之另一實施例亦可有效偵測各種波長之光 (包含波長小於材料能隙及大於材料能隙之光)。



五、發明說明 (8)

綜上所述，本案所揭露之紅外光光偵測器，其係利用不同材料能隙不同的特性，形成量子井、點等結構，使得載子在適當溫度之下被侷限於位障之中，並可吸收紅外光而跳出位障，形成光訊號。而且本元件不僅可對光波長大於材料能隙之光進行偵測，亦可偵測光能量小於材料能隙之光，差別乃在於光訊號產生的物理機制有所不同，對於光能量大於材料能隙的光訊號，採用直接躍遷產生額外電子電洞對形成光電流，而對於光能量小於材料能隙的光訊號，則利用量子井、點結構所形成之位障來侷限載子，並以 intraband transition 來產生光訊號。

當然，用以完成本案紅外光光偵測器之導體層係可以選自鋁、經摻雜之多晶矽等材質中之一所完成。而為增加光照射之效應，該導體層更可用銦錫氧化物 (Indium Tin Oxide, 簡稱 ITO) 等物質所完成之透明導體層，並可為網狀，格狀等結構。至於該 p 型半導體層亦可為 n 型半導體層，且材料亦不限於矽、鍺。故本案發明得由熟悉此技藝之人士任施匠思而為諸般修飾，然皆不脫如附申請專利範圍所欲保護者。章節結束



圖式簡單說明

第一圖：其係本案發明之紅外光光偵測器之實施例結構示意圖。

第二圖：其係本案實施例之元件工作情況能帶圖 (energy band diagram)。

第三圖：其係本案實施例以特定條件所完成之閘極電流電壓特性曲線圖。

第四圖：其係本案實施例對於不同光波長的頻譜響應圖。

第五圖：其係本案另一實施例之元件結構示意圖。



六、申請專利範圍

1. 一種紅外光光偵測器，其包含：

一導體層；

一包含一或多層量子井、量子點之半導體層，用以侷限載子於位障內；

一絕緣層，設於該導體層與該半導體層之間；

一電壓源，其正(負)極電連接於該導體層而負(正)極電連接於該包含一或多層量子點之p(n)型半導體層，其係用以提供一偏壓來產生一量子穿透效應(quantum tunneling)，使載子穿透該絕緣層而形成電流。當照射紅外光時，位障中的載子便可吸收該能量跳出位障，被電極所接收形成光電流。

2. 如申請專利範圍第1項所述之光偵測器，其中該導體層係可以選自鋁、經摻雜之多晶矽等材質中之一所完成。

3. 如申請專利範圍第1項所述之光偵測器，其中該導體層係為一透明導體層。

4. 如申請專利範圍第1項所述之光偵測器，其中該導體層係可為網狀或格狀導體層。

5. 如申請專利範圍第1項所述之光偵測器，其中該包含一或多層量子點之半導體層係為一多層錯量子點成長於p型矽基板上之半導體層。

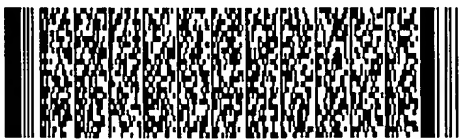
6. 如申請專利範圍第1項所述之光偵測器，其中該絕緣層係為一氧化矽層。

7. 如申請專利範圍第6項所述之光偵測器，其中該氧化矽層之厚度約為數奈米。



六、申請專利範圍

8.如申請專利範圍第7項所述之光偵測器，其中該氧化矽層係為對該半導體層之表面進行一液相沈積(Liquid Phase Deposition)所成長完成。



第 1/17 頁



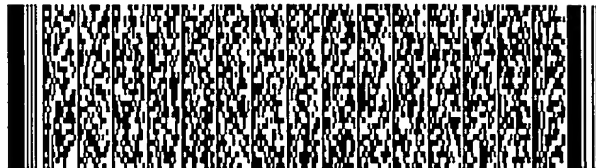
第 2/17 頁



第 3/17 頁



第 3/17 頁



第 4/17 頁



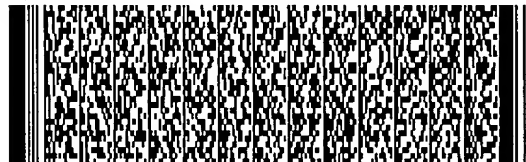
第 5/17 頁



第 6/17 頁



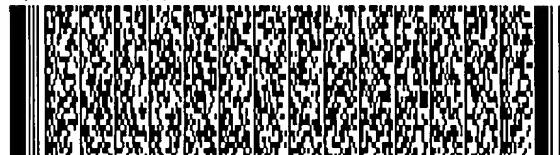
第 7/17 頁



第 7/17 頁



第 8/17 頁



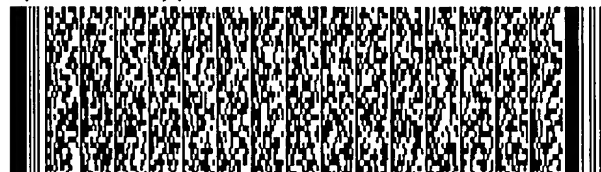
第 8/17 頁



第 9/17 頁



第 10/17 頁



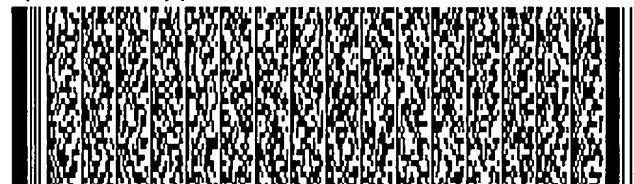
第 11/17 頁



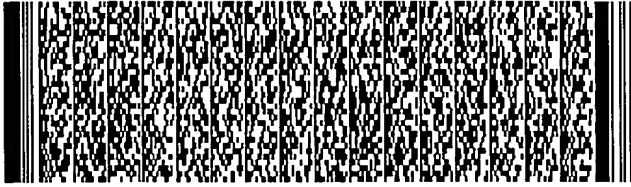
第 11/17 頁



第 12/17 頁



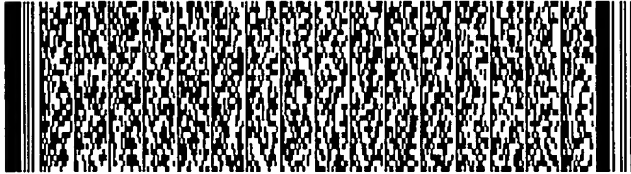
第 12/17 頁



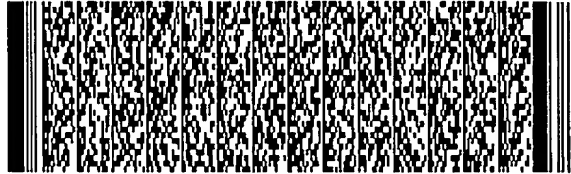
第 13/17 頁



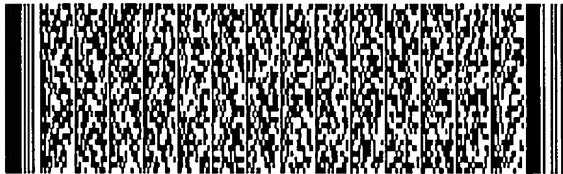
第 13/17 頁



第 14/17 頁



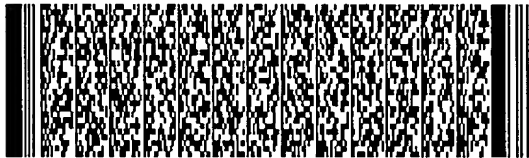
第 14/17 頁



第 15/17 頁



第 16/17 頁

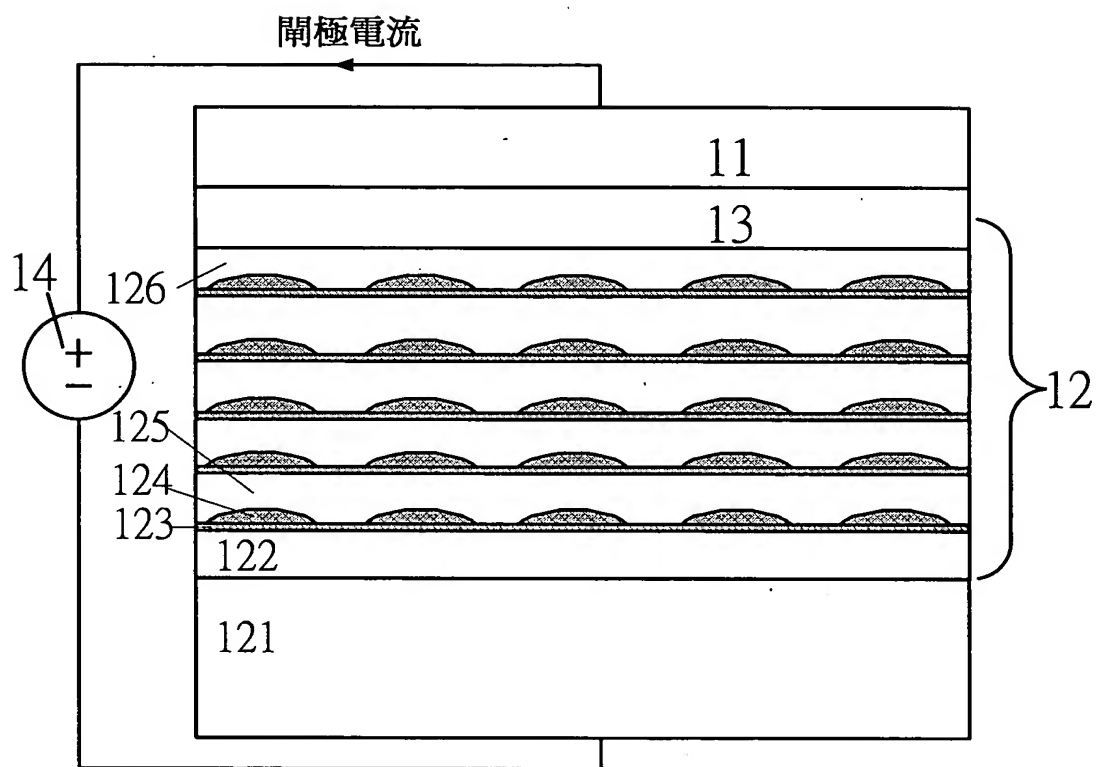


第 16/17 頁

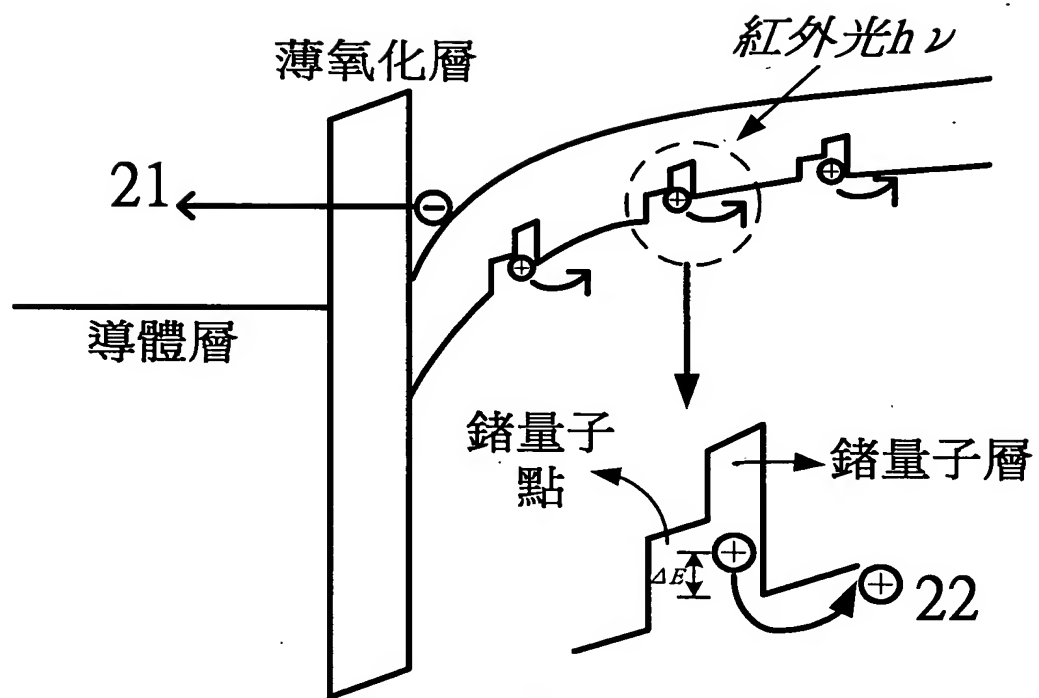


第 17/17 頁

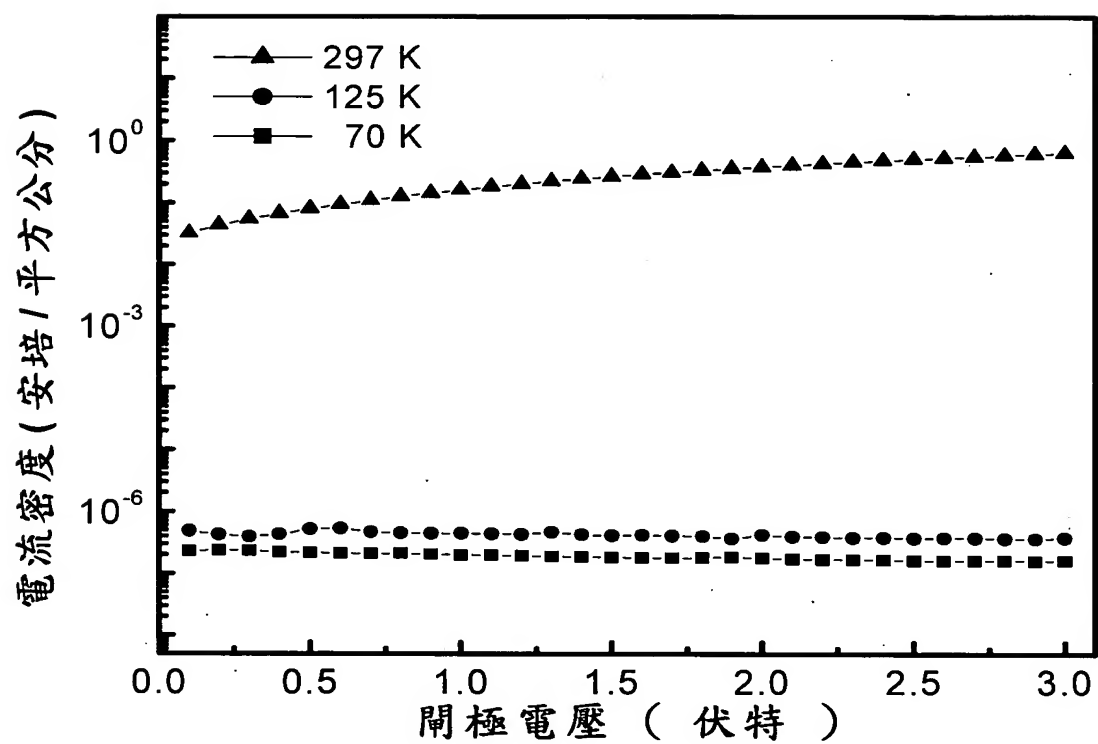




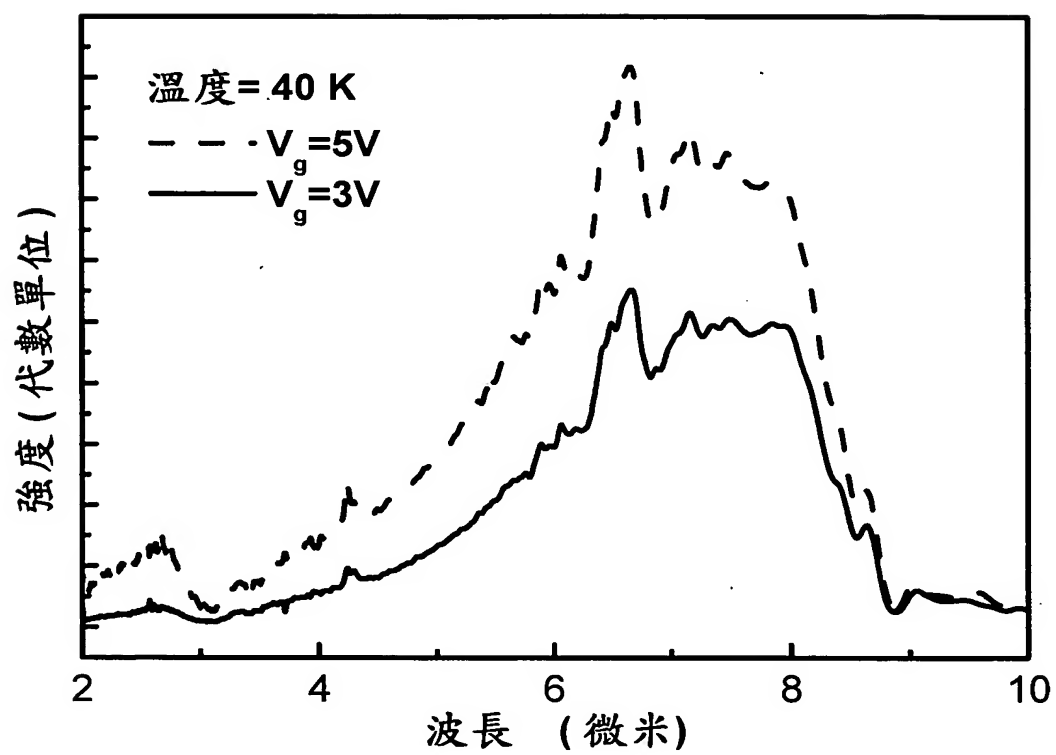
第一圖



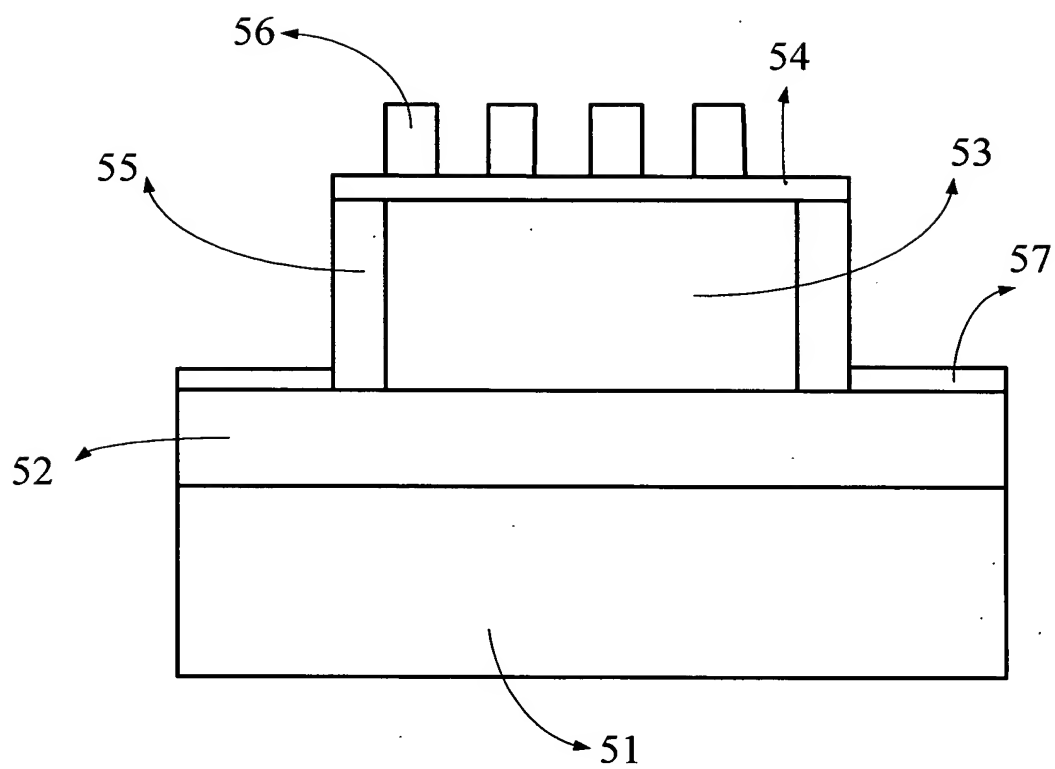
第二圖



第三圖



第四圖



第五圖